



⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑯ Offenlegungsschrift
⑯ DE 101 44 630 A 1

⑯ Int. Cl.⁷:
G 06 T 5/50

⑯ Innere Priorität:
100 44 801. 1 11. 09. 2000

⑯ Anmelder:
BrainLAB AG, 85551 Kirchheim, DE

⑯ Vertreter:
Schwabe, Sandmair, Marx, 81677 München

⑯ Erfinder:
Bauch, Thomas, 80469 München, DE; Frielinghaus, Nils, 82538 Geretsried, DE

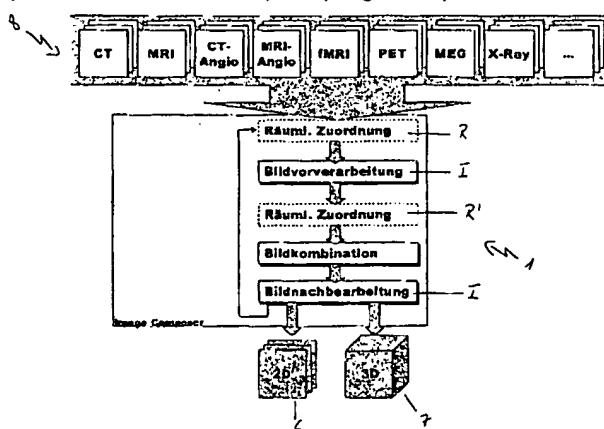
DE 101 44 630 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Verfahren und Vorrichtung zur Visualisierung eines Körpervolumens und Computerprogrammprodukt

⑯ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur zwei- oder dreidimensionalen Visualisierung eines Körpervolumens, bei dem ein Datensatz, dessen Datenwerte das Körpervolumen repräsentieren, auf einem Display zwei- oder dreidimensional dargestellt werden, bei welchem Verfahren aus zumindest zwei ausgewählten diagnostischen Datensätzen, die nicht identisch sind und eine vorbestimmte räumliche Zuordnung zueinander haben, eine synthetisierte Darstellung berechnet wird, wobei die Datenwerte der synthetisierten Darstellung jeweils als mathematische Funktion von zumindest einem Datenwert jedes der ausgewählten Datensätze berechnet werden und die synthetisierte Darstellung auf dem Display dargestellt wird, wobei anhand eines Kriteriums für jedes Pixel eines ausgewählten Datensatzes festgelegt wird, ob das Pixel einem Bildhintergrund zugeordnet ist oder nicht, und diejenigen Pixel, die einem Bildhintergrund zugeordnet sind, zur Berechnung der synthetisierten Darstellung nicht oder als Konstante berücksichtigt werden. Die Erfindung betrifft auch ein Computerprogrammprodukt sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur zwei- oder dreidimensionalen Visualisierung eines Körpervolumens, insbesondere eines menschlichen oder tierischen Körpervolumens, sowie ein Computerprogrammprodukt mit Softwarecodeabschnitten zum Ausführen des Verfahrens nach der Erfindung.

[0002] In der medizinischen Diagnostik, Therapie und Chirurgie sind präzise zwei- oder dreidimensionale Darstellungen von Körpervolumina erforderlich. Zur Erfassung von Daten, die die Körpervolumina repräsentieren, gibt es verschiedene nicht invasive Diagnostikverfahren, beispielsweise Computertomographie (CT), Magnetic Resonance Imaging (MRI). Die erfassten Daten werden üblicherweise digitalisiert und zur Visualisierung auf einem Computer einer Bildbearbeitung unterzogen. Die aufbereiteten Bilddaten können dann zwei- oder dreidimensional auf einem Bildschirm dargestellt werden und dort auch im dreidimensionalen Raum gedreht werden.

[0003] Die bekannten Diagnoseverfahren sind jeweils zur Darstellung einer bestimmten Gewebeart besonders gut geeignet. Beispielsweise können mit einem CT-Verfahren Knochenstrukturen besonders gut aufgelöst werden, mit einer CT-Angiographie können Gefäßstrukturen besonders gut aufgelöst werden oder mittels MRI können wasserstoffhaltige Gewebe besonders gut aufgelöst werden. Somit ist in einer zwei- oder dreidimensionalen Visualisierung eines Datensatzes, der mit Hilfe eines Diagnoseverfahrens gewonnen wird, nur eine bestimmte Gewebeart besonders gut auflösbar.

[0004] Der menschliche Körper besteht jedoch aus unterschiedlichen Gewebearten. Für eine fundierte Diagnose müssen deshalb zwei- oder dreidimensionale Visualisierungen, die mittels verschiedener Diagnoseverfahren gewonnen wurden, visuell miteinander verglichen werden, was mühsam ist und zu Ungenauigkeiten in der Diagnose führt.

[0005] US-A-5,335,173 offenbart ein Bildgebungsverfahren für die medizinische Diagnostik, bei dem zwei verschiedene Datensätze, die mittels unterschiedlicher Diagnoseverfahren erfasst werden und die eine Knochenstruktur bzw. eine Hautstruktur besonders gut auflösen können, dreidimensional dargestellt werden. Zur besseren Diagnostik kann auf einem Bildschirm, auf dem Schnittbilder durch ein dreidimensionales Körpervolumen dargestellt werden, ein bestimmter Bereich ausgewählt werden. In dem ausgewählten Bildbereich wird der Datensatz, der Knochenstrukturen besonders gut wiedergibt, durch den Datensatz, der Hautstrukturen besonders gut wiedergibt, ersetzt bzw. umgekehrt. In dem ausgewählten Bildbereich werden somit vorausgewählte Bilddaten durch die entsprechenden Daten eines anderen Datensatzes ersetzt. Auch durch das Austauschen von Bildinformationen lässt sich die Genauigkeit und der Informationsgehalt der Diagnose nur unwesentlich erhöhen.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur zwei- oder dreidimensionalen Visualisierung eines Körpervolumens zu schaffen, womit ein noch höherer Informationsgehalt und eine noch höhere Diagnosegenauigkeit möglich ist. Diese Aufgabe wird durch ein erfindungsgemäßes Verfahren nach Anspruch 1, durch eine erfindungsgemäßes Vorrichtung nach Anspruch 14 sowie durch ein Computerprogrammprodukt nach Anspruch 12 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der rückbezogenen Unteransprüche.

[0007] Gemäß einem ersten Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Visualisierung eines Körpervolumens geschaffen, bei dem ein Datensatz, dessen Datenwerte das Körpervolumen repräsentieren, auf einem

Display zwei- oder dreidimensional dargestellt werden, bei welchem Verfahren aus zumindest zwei ausgewählten diagnostischen Datensätzen, die nicht identisch sind und eine vorbestimmte räumliche Zuordnung zueinander haben, ein

5 synthetisierter Datensatz bzw. eine synthetisierte Darstellung berechnet wird, wobei die Datenwerte des synthetisierten Datensatzes jeweils als mathematische Funktion von zumindest einem Datenwert jedes der ausgewählten Datensätze berechnet werden, und der synthetisierte Datensatz auf

10 dem Display dargestellt wird.

[0008] Zur Synthese des neuen Datensatzes können grundsätzlich eine Vielzahl unterschiedlicher mathematischer Funktionen verwendet werden, die die Datenwerte von zwei oder mehr als zwei Datensätzen jeweils vorzugs-

15 weise eineindeutig zu einem neuen Datenwert kombinieren. Beispiele für solche mathematischen Funktionen sind im Stand der Technik im Zusammenhang mit der Verarbeitung von Bildern bekannt. Die jeweils verwendete mathematische Funktion kann jeweils einem Datenwert der zumindest

20 zwei ausgewählten Datensätze einen Datenwert des synthetisierten Datensatzes zuordnen. Die mathematische Funktion kann alternativ auch jeweils mehrere Datenwerte der zumindest zwei ausgewählten Datensätze jeweils einem einzigen Datenwert des synthetisierten Datensatzes zuordnen,

25 so dass die Bilddaten insgesamt komprimiert werden können.

[0009] Vorteilhaft ist, dass der synthetisierte Datensatz bzw. die synthetisierte Darstellung erfindungsgemäß Bildin-

30formation sowohl aus dem ersten ausgewählten Datensatz als auch aus dem zweiten ausgewählten Datensatz und auch aus jedem weiteren ausgewählten Datensatz umfasst. Somit lässt sich gemäß der vorliegenden Erfindung durch geeignete Bildbearbeitung eines oder mehrerer der ausgewählten Datensätze und durch geeignete Synthese der so aufbereiteten Bildinformationen ein synthetisierter Datensatz gewinnen, der die Vorteile jedes der ausgewählten Datensätze in sich vereinen kann.

[0010] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungs-

40 form der Erfindung werden zur Erfassung der ausgewählten Datensätze jeweils unterschiedliche Diagnoseverfahren verwendet. Diese unterschiedlichen Diagnoseverfahren können zur Auflösung unterschiedlicher Gewebestrukturen ganz be-

35 sonders gut geeignet sein. Somit kann auch die zwei- oder dreidimensionale Visualisierung des synthetisierten Datensatzes gemäß der vorliegenden Erfindung die Vorteile der jeweils verwendeten Diagnoseverfahren in sich vereinen. Besonders vorteilhaft ist, dass gemäß der vorliegenden Er-

45 findung die Visualisierung mehr unterschiedliche Bildinfor-

50 mationen umfasst und detailgenauer ist, so dass die Genauigkeit der Diagnose und auch der Informationsgehalt der Bildinformation erhöht werden kann.

[0011] Beispielsweise kann zur Erfassung eines ersten ausgewählten Datensatzes ein CT-Verfahren verwendet werden, womit Knochenstrukturen besonders gut aufgelöst wer-

55 den können, und zur Erfassung des zweiten ausgewählten Datensatzes ein MR-Verfahren (Magnetresonanz) verwendet werden, womit besonders gut wasserstoffhaltige Gewebestrukturen erfasst werden können. Durch geeignete Bild-

60 bearbeitung an einem oder mehreren der ausgewählten Datensätze und/oder an dem synthetisierten Datensatz können, wie nachfolgend ausgeführt wird, in dem synthetisierten Datensatz beispielsweise die Daten, die von einem ersten ausgewählten Datensatz stammen, zu Lasten der Daten, die von einem anderen ausgewählten Datensatz stammen, be-

65 sonders hervorgehoben werden. Die Detailgenauigkeit der Visualisierung der Gewebestruktur wird somit größer sein. Weil gemäß der vorliegenden Erfindung zur Visualisierung auch derjenige ausgewählte Datensatz, der auf dem CT-Ver-

fahren beruht, zur Synthese der darzustellenden Bilddaten verwendet wird, kann der synthetisierte Datensatz bei geeigneter Aufbereitung der Datensätze sowohl die Knochenstruktur als auch die Gewebestruktur besonders detailgenau und mit hohem Informationsgehalt darstellen.

[0012] Grundsätzlich können gemäß der Erfindung auch mehr als zwei ausgewählte Datensätze, die jeweils mit unterschiedlichen Diagnoseverfahren erfasst sind, zu einem Datensatz synthetisiert werden, der beispielsweise mehr als zwei unterschiedliche Gewebe- oder Knochenstrukturen wiedergibt. Z. B. können bei dem vorgenannten Beispiel zur Synthese des synthetisierten Datensatzes zusätzlich zu den CT- und MR-Daten noch PET-Daten (Positronenemissionstomographische Daten) verarbeitet und gemeinsam dargestellt werden.

[0013] Die ausgewählten Datensätze haben eine vorbestimmte räumliche Orientierung in Bezug aufeinander, um eine lagegetreue Überlagerung der Daten in dem synthetisierten Datensatz sicherzustellen. Die ausgewählten Datensätze sind vorzugsweise so vorher aufbereitet worden, daß die Datenwerte der Datensätze in gleicher Weise räumlich orientiert sind. Dies kann durch entsprechende Aufbereitung der mit dem Diagnoseverfahren gewonnen Daten erfolgen. Die räumliche Zuordnung der jeweiligen Datenwerte der ausgewählten Datensätze kann jedoch auch durch Berechnung im Rahmen der Synthese des synthetisierten Datensatzes erfolgen. Dabei können auch Bildverzerrungen korrigiert werden, die beispielsweise durch das jeweils verwendete Diagnoseverfahren bedingt sein können. So sind beispielsweise MR-Daten häufig in den äußeren Volumenbereichen verzerrt.

[0014] Gemäß einer weiteren erfundungsgemäßen Ausführungsform können zumindest zwei der ausgewählten Datensätze auch durch unterschiedliche Bildbearbeitungen mittels unterschiedlicher Bildbearbeitungsparameter aus einem und demselben Ausgangsdatensatz berechnet werden. Dieser Ausgangsdatensatz ist mit einem und demselben Diagnoseverfahren erfasst worden. Üblicherweise muß ein Ausgangsdatensatz zur graphischen Darstellung eines Körpervolumens graphisch aufbereitet werden, wozu Bildbearbeitungsparameter vorgegeben werden müssen. Vorteilhaft ist, dass sich durch unterschiedliche Wahl dieser Bildbearbeitungsparameter mit einem und demselben Ausgangsdatensatz verschiedene Details in Gewebestrukturen besonders gut hervorheben und gemeinsam darstellen lassen. Somit kann erfundungsgemäß sogar ein einziges Diagnoseverfahren ausreichen, wo sonst zur Untersuchung zwei oder mehr Diagnoseverfahren erforderlich gewesen wären. Vorteilhaft ist ferner, dass der synthetisierte Datensatz zumindest zwei unterschiedliche Details in einer Gewebestruktur gleichzeitig hervorheben kann.

[0015] Zweckmäßig können die erfassten Datensätze vor der Visualisierung erfasst und auf geeigneten Datenträgern zwischengespeichert werden. Somit werden die Bilddaten nachträglich, beispielsweise von einer Datenverarbeitungseinrichtung, eingelesen, geeignet aufbereitet und dreidimensional visualisiert, beispielsweise von einem zusätzlich konsultierten Arzt. Gemäß der vorliegenden Erfindung können jedoch auch einer, mehrere oder sämtliche der erfassten Datensätze in Echtzeit während der Visualisierung erfasst und gegebenenfalls zusätzlich mit zwischengespeicherten Datensätzen zu einem neuen Datensatz synthetisiert werden. Vorteilhaft ist, dass erfundungsgemäß auch ein Arbeiten unter Echtzeitbedingungen möglich ist. Bei der Visualisierung gewonnene Erkenntnisse, die ein Ändern der Erfassungsparameter des Diagnoseverfahrens als vorteilhaft erscheinen lassen, beispielsweise eine Änderung der relevanten Erfassungsparameter bei einer Ultraschalldiagnostik, können er-

findungsgemäß unmittelbar und in Echtzeit vorgenommen und das Ergebnis auf dem Display wahrgenommen werden. Somit kann die Diagnosegenauigkeit und der Bildinformationsgehalt noch weiter erhöht werden.

- 5 [0016] Besonders bevorzugt wird zum Synthetisieren die Bildinformation von jeweils zwei ausgewählten Datensätzen voneinander subtrahiert und/oder addiert. Verwendet man beispielsweise zur Erfassung von zwei ausgewählten Datensätzen ein CT-Verfahren und ein MR-Verfahren, so 10 kann durch Subtrahieren der beiden ausgewählten Datensätze voneinander sowohl Bildinformation betreffend die Knochenstruktur als auch Bildinformation betreffend wasserstoffhaltige Gewebe gemeinsam besonders gut und detailgenau visualisiert werden. Ein bevorzugtes Beispiel gemäß der Erfindung betrifft die gemeinsame 2D- oder 3D-Darstellung von Hirn- und Hirnknochenmasse. Zur Berechnung des synthetisierten Datensatzes können grundsätzlich jedoch auch beliebige andere aus dem Stand der Technik zur Bildsynthese bekannte Verfahren bzw. Rechenalgorithmen 15 angewendet werden.
- [0017] Üblicherweise erfordert die optimale graphische Darstellung von Datensätzen, die mittels unterschiedlicher Diagnoseverfahren erfasst werden, die Verwendung von unterschiedlichen Bilddarstellungsparametern.
- 20 [0018] Besonders vorteilhaft erfolgt die Bildbearbeitung und Bilddarstellung deshalb mittels voreingestellter Parameter, die an das jeweils zur Erfassung eines ausgewählten Datensatzes verwendete Diagnoseverfahren oder zur Hervorhebung gewisser Gewebestrukturen in einem ausgewählten Datensatz besonders gut angepasst sind. Auf diese Weise kann ohne weitere Berechnungs- oder Einstellschritte die Bildinformation des jeweils verwendeten ausgewählten Datensatzes besonders gut dargestellt werden. Besonders bevorzugt wird zur Bildbearbeitung zumindest ein Parameter verwendet, der die Farb- und/oder Opazitätszuordnung der Intensitätswerte der Datensätze beeinflusst. Aus dem Stand der Technik zur Bildbearbeitung sind auch Parameter bekannt, die andere graphische Eigenschaften der Datensätze beeinflussen.
- 25 [0019] Beispielsweise kann der voreingestellte Parameter einen Schwellenwert beeinflussen, bei dessen Überschreiten erst einem Bilddatenwert eine Helligkeits- oder Farbwertinformation zugeordnet wird und ansonsten ein Hintergrundwert mit konstanter, vorgebbarer Intensität und Farbgebung. Oder der Parameter kann einen Bildgradienten beeinflussen, so dass Unterschiede zwischen benachbarten Bilddatenpunkten in unterschiedliche Bildgradienten übersetzt werden können. Ferner können mit dem voreingestellten Parameter auch die Opazität, die jeweils für einen ausgewählten 30 Datensatz verwendete Farbgebung oder weitere geeignete Bildinformationen beeinflusst werden, in Anpassung an die jeweils gewünschte Bilddarstellung oder an das jeweils zugrunde liegende Diagnoseverfahren. Besonders vorteilhaft können die verwendeten voreingestellten Parameter auch mehrere oder sämtliche der gewünschten Bildinformationen beeinflussen.
- 35 [0020] Vorzugsweise können die vorgenannten, zur Bildbearbeitung bzw. Bilddarstellung verwendeten Parameter auch manuell oder automatisch bestimmt werden. Zweckmäßig wird die Bildbearbeitung und Visualisierung zunächst mittels voreingestellter Parameter vorgenommen und werden die Parameter je nach Bedarf, beispielsweise wenn bestimmte Details der dreidimensionalen Visualisierung besonders hervorgehoben werden sollen, geändert. Hierzu können die Parameter manuell geändert werden. Die Bedienperson kann anhand einer Bilddarstellung das Ergebnis der Bildbearbeitung erkennen und die Parameter solange ändern, bis die Bilddarstellung zweckmäßig ist. Dabei kann 40
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

das Ergebnis der Bildbearbeitung dreidimensional visualisiert werden, wobei die dreidimensionale Visualisierung im dreidimensionalen Raum vorzugsweise auch gedreht werden kann, oder als vorbestimmtes zweidimensionales Schnittbild durch das Körpervolumen dargestellt werden, wobei die Lage des Schnitts durch das Körpervolumen vorzugsweise vorgegeben werden kann. Auf diese Weise kann die Bedienperson unmittelbar in die Visualisierung eingreifen und die Parameter zur Erzielung einer optimalen Detailgenauigkeit der Visualisierung und einer optimalen Bildinformation optimieren.

[0021] Erfnungsgemäß können die Parameter jedoch auch mittels eines Optimierungsverfahrens automatisch optimiert werden. Hierzu sind aus dem Stand der Technik verschiedene Optimierungsverfahren bekannt. Vorzugsweise kann die Bedienperson dabei diejenige Bildinformation vorgeben, deren Darstellung es zu optimieren gilt, beispielsweise die Knochenstruktur oder die Gefäßstruktur im Körpervolumen oder ein bestimmtes Schnittbild oder Körperteilvolumen.

[0022] Besonders bevorzugt wird an den Pixel eines jeweiligen ausgewählten Datensatzes eine Schwellenwertbildung wie folgt vorgenommen: Denjenigen Pixeln, deren Intensität oberhalb eines Schwellenwertes liegt, wird ein Intensitäts- oder Farbwert zugeordnet. Denjenigen Pixeln, deren Intensität unterhalb des vorgebbaren Schwellenwertes liegt, wird ein Hintergrundbildwert vorgegeben, beispielsweise mit vorgebbarer Farbe und/oder Intensität. Die Pixelwerte eines ausgewählten Datensatzes oberhalb des Schwellenwertes werden mit einem Faktor, einer sogenannten Transparenz, multipliziert. Das zugeordnete Pixel eines anderen ausgewählten Datensatzes wird mit einem Komplementärwert des für den ersten ausgewählten Datensatz massgeblichen Faktors multipliziert. Die mit dem jeweiligen Transparenzfaktor multiplizierten Pixelwerte werden pixelweise addiert. Der Transparenzfaktor kann zweckmäßig vorgegeben werden, zur Hervorhebung gewünschter Gewebestrukturen. Bei der Bildsynthetisierung werden die Hintergrundpixel in die synthetisierte Darstellung als Hintergrundbildwerte mit den Intensitäts- oder Farbwert für Hintergrund übernommen. In der synthetisierten Darstellung können den Hintergrundbildwerten Objekte, z. B. Gewebestrukturen, überlagert werden.

[0023] Besonders bevorzugt werden in dem synthetisierten Datensatz Daten, die aus unterschiedlichen ausgewählten Datensätzen stammen, also mittels unterschiedlicher Diagnoseverfahren erfasst worden sind oder aus einem und demselben Ausgangsdatensatz unter Verwendung verschiedener Bildbearbeitungsparameter abgeleitet worden sind, in verschiedenen Farben dargestellt. Vorteilhaft ist, dass die unterschiedlichen Strukturen, beispielsweise Knochen, Gefäß- oder Gewebestrukturen, ohne weiteres erkannt werden können. Dies hat sich insbesondere im Grenzbereich zwischen unterschiedlichen Gewebestrukturen als besonders vorteilhaft erwiesen.

[0024] Bei der Visualisierung kann dabei die Helligkeit der verwendeten unterschiedlichen Farbwerte, die den ausgewählten Datensätzen zugeordnet sind, zeitlich verändert werden, beispielsweise periodisch kontinuierlich oder periodisch getaktet, so dass Kontraste zwischen verschiedenen Strukturen unmittelbar hintereinander bei unterschiedlichen Helligkeitsdifferenzen wahrgenommen werden können.

[0025] Vorzugsweise werden auf dem Display zusätzlich zu der zwei- oder dreidimensionalen Visualisierung des synthetisierten Datensatzes auch dreidimensionale Visualisierungen der jeweils ausgewählten Datensätze und/oder zweidimensionale Schnitte durch das Körpervolumen dargestellt, insbesondere wahlweise axial, sagittal oder koronal.

Vorteilhaft ist, dass auf engstem Raum sowohl die synthetisierte Bildinformation, in der einzelne Gewebe besonders hervorgehoben werden können, als auch die jeweils ausgewählten Datensätze dargestellt werden können, beispielsweise in einem ersten Segment des Displays Daten, die aus einer CT-Aufnahme stammen, in einem weiteren Segment des Displays Daten, die aus einem MRI-Verfahren stammen, in einem weiteren Segment Daten, die aus einem PET-Verfahren stammen, in einem weiteren Segment die synthetisierten Daten, usw.

[0026] Vorzugsweise kann jede der auf dem Display dargestellten Visualisierungen einzeln und unabhängig von den anderen Visualisierungen frei im dreidimensionalen Raum gedreht werden, beispielsweise durch Bedienen eines Trackballs oder anderer Bedienelemente.

[0027] Besonders bevorzugt können auch Teile des Körpervolumens in vorgebbarer Vergrößerung und dreidimensionaler Orientierung dargestellt werden.

[0028] Grundsätzlich können die verwendeten Datensätze mit beliebigen medizinischen Diagnoseverfahren erfasst werden, die zur dreidimensionalen Darstellung von Körpervolumina geeignet sind. Besonders bevorzugt werden zur Erfassung der Datensätze folgende Verfahren verwendet: CT, CT-A, MRI, MR-A (Magnetic Resonance Angiography), funktionelle MRI bzw. fMRI, PET (Positronenemissionstomographie), MEG (Magnetenzephalographie), SPECT oder Ultraschall. Die Erfnung ist jedoch nicht auf vorgenannte Verfahren beschränkt.

[0029] Gemäß einem weiteren Gesichtspunkt umfasst die vorliegende Erfnung ein Computerprogrammprodukt, das direkt in den Arbeitsspeicher eines Digitalrechners ladbar ist und Softwarecodeabschnitte zum Ausführen der vorgenannten Verfahrensschritte umfasst, wenn das Produkt auf einem Computer läuft. Das Computerprogrammprodukt kann auf beliebigen Datenträgern gespeichert sein, beispielsweise magnetischen oder magneto-optischen Platten, Bändern usw., oder kann über ein Netzwerk oder das Internet geladen werden. Besonders bevorzugt kann das Computerprogrammprodukt auch von mehreren Rechnern gleichzeitig verwendet werden.

[0030] Gemäß einem weiteren Gesichtspunkt umfasst die vorliegende Erfnung eine Vorrichtung zur zwei- oder dreidimensionalen Visualisierung eines Körpervolumens, mit einem Datenverarbeitungsmittel, um aus zumindest zwei ausgewählten diagnostischen Datensätzen, die nicht identisch sind und eine vorbestimmte räumliche Zuordnung zueinander haben, einen synthetisierten Datensatz so zu berechnen, dass die Datenwerte des synthetisierten Datensatzes jeweils als mathematische Funktion von zumindest einem Datenwert jedes der ausgewählten Datensätze berechnet sind, und einem Display, um den synthetisierten Datensatz, dessen Datenwerte das Körpervolumen repräsentieren, zwei- oder dreidimensional darzustellen.

[0031] Es kann ein Eingabemittel vorgesehen sein, um die ausgewählten Datensätze dem Datenverarbeitungsmittel einzugeben. Bei dem Mittel zum Eingeben kann es sich um eine übliche Datenschnittstelle zu externen Datenspeicher-Einrichtungen handeln, um zwischengespeicherte Datensätze in die Vorrichtung zu laden. Oder zumindest ein Mittel zum Eingeben kann mit einem medizinischen Diagnosegerät zur Erfassung eines Datensatzes gekoppelt sein, so dass die erfundungsgemäße Vorrichtung dann auch in Echtzeit betrieben werden kann.

[0032] Die zumindest zwei ausgewählten Datensätze können mittels einer Menüsteuerung, beispielsweise manuell, mittels eines Computerprogramms, das die Datensätze anhand vorgebbarer Parameter auswählt, insbesondere automatisch, oder auf andere Weise ausgewählt werden.

[0033] Vorzugsweise ist die Vorrichtung als handelsübliche Workstation ausgeführt, wobei die vorgenannten Mittel vorzugsweise in Form von Software realisiert sind. Auch die vorgenannten Verfahrensschritte sind vorzugsweise in Form von Software oder Softwaremodulen bzw. Softwarecodeabschnitten realisiert.

[0034] Die synthetisierten Datensätze und/oder die ausgewählten Datensätze und/oder aus den ausgewählten Datensätzen gewonnene Schnittbilder an vorbestimmten Stellen des Körpervolumens werden vorzugsweise auf einem Display dargestellt, so dass der Bedienperson in kompakter Form umfangreiche Bildinformationen und Diagnosennöglichkeiten zur Verfügung stehen.

[0035] Die erfundungsgemäße Vorrichtung kann auch als Modul in einer üblichen Vorrichtung zur Erfassung von Datensätzen mit Hilfe eines bildgebenden Diagnoseverfahrens realisiert sein, beispielsweise in einem Computertomograph, wobei der oder die weiteren ausgewählten Datensätze dann von einem Datenspeicher oder einem Netzwerk zugespielt werden können.

[0036] Nachfolgend wird die Erfindung in beispielhafter Weise und unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben werden. Es zeigen:

[0037] Fig. 1 ein Schema zur Erläuterung des erfundungsgemäßen Verfahrens bzw. der Vorrichtung;

[0038] Fig. 2 ein Beispiel für einen Display, auf dem dreidimensionale Visualisierungen von synthetisierten Daten und dreidimensionale Visualisierungen von ausgewählten Datensätzen nebeneinander dargestellt sind;

[0039] Fig. 3a und 3b ein Fenster zum Einstellen von Parametern, die die Bilddarstellung eines ausgewählten Datensatzes beeinflussen, und zwar in zwei unterschiedlichen Parametereinstellungen;

[0040] Fig. 4a und 4b ein anderes Fenster zum Einstellen von Parametern zur Bilddarstellung eines anderen ausgewählten Datensatzes, und zwar in zwei unterschiedlichen Parametereinstellungen; und

[0041] Fig. 5 eine dreidimensionale Visualisierung eines synthetisierten Datensatzes sowie in Vergrößerung ein Teilbereich daraus.

[0042] In den Figuren bezeichnen identische Bezugszahlen gleiche bzw. gleichwirkende Elemente bzw. Verfahrensschritte.

[0043] Fig. 1 zeigt ein Schema zur Erläuterung des erfundungsgemäßen Verfahrens bzw. der Vorrichtung. Die Vorrichtung 1 umfasst einen Bildcomposer 2, einen Display 6 zur Darstellung zweidimensionaler Schnittbilder sowie eine Display 7 zur dreidimensionalen Darstellung von Datensätzen. Die Displays 6 und 7 können einen gemeinsamen Display ausbilden.

[0044] In den Bildcomposer 2 können eine Anzahl unterschiedlicher diagnostischer Datensätze eingegeben werden, die mittels unterschiedlicher Diagnoseverfahren erfasst werden. Gemäß Fig. 2 kann zur Erfassung der Datensätze ein CT-Verfahren (Computertomographie), eine CT-Angiographie, ein Kernspinresonanzverfahren (MR), eine MR-Angiographie, ein Positronenemissionstomographieverfahren (PET), ein funktionelles MRI-Verfahren (fMRI), eine Röntgen-Rotationsangiographie, ein 3D-Ultraschallverfahren, MEG (Magnetenzephalographie) oder ein beliebiges anderes bildgebendes medizinisches Diagnoseverfahren verwendet werden. Die in den Bildcomposer 2 eingegebenen unterschiedlichen Datensätze 8 können jedoch auch aus einem und demselben Bilddatensatz durch unterschiedliche Bildverarbeitung abgeleitet werden, insbesondere um mittels unterschiedlicher Bildparameter, die jeweils für einen anderen ausgewählten Datensatz 8 verwendet werden, in einem Körpervolumen unterschiedliche Gewebestrukturen unter-

schiedlich hervorzuheben.

[0045] Wie in Fig. 1 durch die Schichten der Datensätze 8 angedeutet, sind die Eingabedatensätze 8 typischerweise in 2D-Schichten organisiert, wobei die Gesamtheit der 2D-Schichten eines jeweiligen Datensatzes das darstellende Körpervolumen repräsentiert. Zur 2D-Darstellung eignen sich insbesondere axiale, sagittale oder koronale Schnitte durch das Körpervolumen. Die Eingabedatensätze können jedoch auch anders organisiert sein.

[0046] Jeder der Datensätze kann in einem Datenspeicher (nicht dargestellt) abgespeichert sein und von dem Bildcomposer 2, beispielsweise aufgrund einer Auswahl einer Bedienperson, aufgerufen werden. Hierzu ist der Composer 2 über eine Schnittstelle, ein Netzwerk oder eine vergleichbare Einrichtung mit dem Datenspeicher verbunden. Zumindest einer der Datensätze kann jedoch auch in Echtzeit von einer Diagnosevorrichtung erfasst werden.

[0047] Der Bildcomposer 2 umfasst eine räumliche Zuordnung R, R', einen Bildkombinationsabschnitt 3 und zu-

mindest einen Bildbearbeitungsabschnitt 5, 5'. Die Abschnitte sind vorzugsweise jeweils als Software implementiert. Nach Auswahl durch eine Bedienperson oder durch ein auf dem Bildcomposer 2 laufendes Computerprogramm vereint bzw. synthetisiert der Bildkombinationsabschnitt 5, 5' zumindest zwei der ausgewählten Datensätze 8 nach einem vorgebbaren Bildkombinationsalgorithmus. Dieser Algorithmus realisiert eine mathematische Funktion, die den Datenwerten der ausgewählten Datensätze 8 mit entsprechender räumlicher Lage jeweils einen neuen Datenwert vorzugsweise eindeutig zuordnet und die nachfolgend ausführlicher anhand eines Beispiels erläutert wird. Die Gesamtheit der so berechneten Datenwerte bildet den synthetisierten Datensatz aus. Die mathematische Funktion kann auch jeweils mehrere Datenwerte der ausgewählten Datensätze unter entsprechender räumlicher Zuordnung jeweils zu einem einzigen Datenwert des synthetisierten Datensatzes kombinieren. Als Bildkombinationsalgorithmus können im einfachsten Fall eine Addition und/oder Subtraktion von Datenwerten von jeweils zwei ausgewählten Datensätzen 8 oder auch andere für die diagnostische Bildgebung geeignete Bildkombinationsalgorithmen verwendet werden.

[0048] Damit die ausgewählten Datensätze positionsgenau überlagert werden können, wird die räumliche Geometrie des ausgewählten Datensatzes und auch weitere Parameter, wie beispielsweise der Vergrößerungsfaktor des jeweiligen Datensatzes, berücksichtigt, so dass die Datensätze in verschiedenen Referenzsystemen erfasst werden können. Vorzugsweise sind die ausgewählten Datensätze exakt räumlich zueinander ausgerichtet. Die räumliche Zuordnung R, R' kann starr, d. h. unveränderlich, sein. Wie durch die gestrichelt eingezeichneten Rahmen angedeutet, kann die räumliche Zuordnung R, R' auch elastisch, d. h. veränderlich, sein, so dass beispielsweise in einem ausgewählten Datensatz 8 auftretende Verzerrungen (beispielsweise bei MRI-Verfahren) in Bezug auf einen zweiten ausgewählten Datensatz 8 vor oder bei der Synthese korrigiert werden können. Die räumliche Zuordnung R der Datenwerte kann vor einer Bildvorverarbeitung 5 erfolgen oder nach der Bildvorverarbeitung (R').

[0049] In dem Abschnitt 3 werden die ausgewählten Datensätze 8 durch Kombination der Bildinformation oder davon abgeleiteter Bildinformation durch geeignete mathematische Funktionen miteinander kombiniert.

[0050] In dem Bildcomposer 2 kann zumindest einer der ausgewählten Datensätze einer 2D- oder 3D-Bildbearbeitung unterzogen werden, um beispielsweise Gewebestrukturen in dem Datensatz besonders gut hervorzuheben, was nachfolgend noch ausführlich anhand der Fig. 3 und 4 be-

schrieben werden wird. Für medizinische Diagnostikbildgebungsverfahren sind geeignete Bildbearbeitungsverfahren bekannt. Für das jeweils verwendete Bildbearbeitungsverfahren sind Parameter erforderlich. Diese Bildbearbeitungsparameter können voreingestellt sein oder manuell oder automatisch bestimmt werden, was nachfolgend noch erläutert werden wird.

[0051] Nach der Synthese wird der synthetisierte Datensatz auf dem Display 6 in einer zweidimensionalen Schnittdarstellung dargestellt, wobei die Lage und Orientierung des Schnitts durch das Körpervolumen vorgegeben werden kann, beispielsweise durch einen Schieber, einen Trackball oder Plus/Minus-Tasten auf einem Touch-Screen.

[0052] Aus dem errechneten, synthetisierten Datensatz wird auch eine dreidimensionale Visualisierung errechnet und auf dem Display 7 dargestellt. Diese Visualisierung kann beliebig im dreidimensionalen Raum gedreht werden, beispielsweise durch Menüsteuerung, Trackball oder Plus/Minus-Tasten auf einem Touch-Screen, wobei Teilbereiche des Körpervolumens vergrößert dargestellt und gedreht werden können.

[0053] Wie in Fig. 1 schematisch gezeigt, umfasst die, auf dem Display 6 bzw. 7 gezeigte Darstellung Bildinformation von jedem der ausgewählten Datensätze 8. Beispielsweise können von dem Bildcomposer 2 eine CT-Aufnahme und eine MR-Aufnahme ausgewählt werden. Mit der CT-Aufnahme kann grundsätzlich die Knochenstruktur besonders gut aufgelöst werden, im vorliegenden Fall eines Schädels. Mit der Magnetresonanzaufnahme (MR) lässt sich grundsätzlich die Hirnstruktur und ggf. auch die Gefäßstruktur auflösen, nicht jedoch die Knochenstruktur. Der synthetisierte Datensatz umfasst somit gleichzeitig Bildinformationen betreffend die Knochenstruktur, die Gefäßstruktur und die Hirnstruktur. Wenn zusätzlich noch eine PET-Aufnahme ausgewählt wird, mit der besonders stoffwechselaktive Bereiche darstellbar sind, können auch diese Bereiche in dem synthetisierten Datensatz dargestellt werden. Zur Synthese des Datensatzes können die ausgewählten Datensätze addiert werden, beispielsweise auch unter vorgebbarer Gewichtung oder Opazität und/oder Farbgebung der ausgewählten Datensätze, was nachfolgend noch genauer beschrieben wird.

[0054] Zur Synthese des Datensatzes können im einfachsten Fall auch jeweils zwei ausgewählte Datensätze voneinander subtrahiert werden. Wenn man beispielsweise einen Datensatz, der mittels eines MR-Verfahrens erfasst wurde, von einem Datensatz subtrahiert, der mittels einer MR-Angiographie erfasst worden ist, so können Hirnstrukturen mit Ausnahme der Gefäßstruktur aus der Aufnahme weitestgehend entfernt werden. Dies kann eine geeignete Gewichtung der jeweils ausgewählten Datensätze oder eine geeignete Bildbearbeitung der ausgewählten Datensätze erfordern, was nachfolgend noch ausführlicher beschrieben wird.

[0055] Auf dem Display 7 kann auch ein Mischdatensatz dargestellt werden, der einen dreidimensionalen Teilschnitt durch einen synthetisierten Datensatz darstellt, beispielsweise die Knochen- oder Hautstruktur eines menschlichen Schädels, wobei der obere Teil des Schädels abgeschnitten dargestellt wird und dem Teilschnitt ein weiterer synthetisierter Datensatz überlagert ist, beispielsweise die dreidimensionale Gefäßstruktur im menschlichen Schädel, die aus der Schnittebene durch den menschlichen Schädel dreidimensional herausragt.

[0056] Zur Verbesserung des Informationsgehalts des synthetisierten Datensatzes kann zumindest einer der ausgewählten Datensätze 8 einer Bildbearbeitung 5, 5' unterzogen werden, um die in dem ausgewählten Datensatz enthaltenen Strukturen, die mit dem zur Erfassung des ausgewählten Da-

tensatzes verwendeten Verfahren besonders gut erfasst werden können, zweckmäßig hervorzuheben. Bevorzugt werden sämtliche ausgewählten Datensätze von der Bildsynthese einer Bildbearbeitung 5 unterzogen. Hierzu können

5 voreingestellte Parameter verwendet werden, von denen man weiß, dass diese üblicherweise zur Darstellung von mit Hilfe des verwendeten Diagnoseverfahrens erfassten Datensätzen geeignet sind. Die Parameter können jedoch auch manuell oder automatisch bestimmt werden.

10 [0057] Für medizinische Bildgebungsverfahren sind eine Reihe unterschiedlicher Parameter bekannt, die bei der Bilddarstellung zur Hervorhebung von Details besonders geeignet sind. Dies sind typischerweise Parameter, die die Farb- und Opazitätszuordnung der Intensitätswerte der Datensätze beeinflussen. Im Folgenden werden einige Beispiele bevorzugter Parameter genannt. Mit dem Parameter kann beispielsweise ein Schwellenwert eingestellt werden, so dass Bildpunkte, deren Wert den Schwellenwert übersteigt, hell und/oder farbig dargestellt werden, und Bildpunkte, deren

15 Datenwert den Schwellenwert nicht erreicht, mit konstanter Farbe bzw. Helligkeit, beispielsweise nur schwarz, dargestellt werden. Mit dem Parameter kann auch ein Farb- und/oder Helligkeitsgradient beeinflusst werden, zur Skalierung der Datenwerte. Mit dem Parameter kann auch die Opazität bzw.

20 Durchsichtigkeit der Bilddatenwerte eines ausgewählten Datensatzes beeinflusst werden, so dass in einem halbdurchsichtig dargestellten ersten Datensatz, der beispielsweise eine Hirnstruktur dreidimensional wiedergibt, ein zweiter Satz erkennbar ist, der beispielsweise die Gefäßstruktur in der Hirnstruktur darstellt. Der Parameter kann auch die zur Darstellung eines synthetisierten Datensatzes oder eines ausgewählten Datensatzes verwendete Farbe beeinflussen. Aus dem Stand der Technik sind weitere Bildbearbeitungsparameter bekannt.

25 [0058] Zur manuellen Bestimmung des Bildbearbeitungsparameters wird gemäß Fig. 1 auf dem Display 6 ein Schnittbild durch einen ausgewählten Datensatz dargestellt, wobei die dreidimensionale Lage und Orientierung des Schnittbildes mittels Bedienelemente vorgebbar ist. Mittels

30 einer Parametereinstellvorrichtung, schematisch durch das Bezugssymbol I angedeutet, wird ein oder werden mehrere Bildbearbeitungsparameter so lange verändert, bis das auf dem Display 6 dargestellte Schnittbild oder die 3D-Darstellung auf dem Display 7 die gewünschte Auflösung und Bildinformation zeigt. Dies wird nachfolgend anhand der Fig. 3 und 4 erläutert werden. Zum Festlegen der Bildbearbeitungsparameter kann die Schleife L gemäß Fig. 1 mehrfach durchlaufen werden. Nachdem die Bildbearbeitungsparameter manuell festgelegt worden sind, wird gemäß Fig. 1

35 die dreidimensionale Visualisierung des Körpervolumens unter Verwendung der bestimmten Bildbearbeitungsparameter auf dem Display 7 dargestellt. Alternativ können die Bildbearbeitungsparameter auch unmittelbar anhand der dreidimensionalen Visualisierung auf dem Display 7 bestimmt werden, was jedoch in der Regel eine höhere Rechenzeit erfordern wird.

40 [0059] Die so gewonnenen synthetisierten Datensätze können separat oder gemeinsam mit den ausgewählten Datensätzen und/oder ergänzend mit sämtlichen der erfassten

45 Datensätze abgespeichert werden.

[0060] Fig. 2 zeigt ein bevorzugtes Beispiel für eine 3D-Darstellung auf dem Display 7. Die 3D-Darstellung 10 gemäß Fig. 2 weist im rechten Bildteil vier Bildsegmente 12 auf, in denen jeweils dreidimensionale Visualisierungen

50 dargestellt sind, die gemeinsam oder unabhängig voneinander räumlich gedreht und vergrößert werden können. Gemäß Fig. 2 werden im linken oberen Bildsegment PET-Daten, im rechten oberen Segment mittels MR-Angiographie erfasste

55

60

65

70

Bilddaten, im linken unteren Segment CT-Bilddaten und im rechten unteren Segment MR-Bilddaten dreidimensional dargestellt. Zusätzlich weist der Display 7 ein Segment zur dreidimensionalen Visualisierung eines synthetisierten Datensatzes auf, das in Fig. 5 gezeigt ist.

[0061] Im linken Teil des Fensters gemäß Fig. 2 ist ein Bedienfeld 11 angeordnet, mit einer Anzahl von Bedienelementen, beispielsweise Schieber oder Buttons auf einem Touch-Screen, um die Bildbearbeitung, Bildmanipulation und Datenspeicherung einstellen zu können.

[0062] Die Fig. 3 und 4 zeigen den 2D-Display 6 bzw. 6' mit einem Fenster und einer Bedienoberfläche zum Bestimmen von Bildbearbeitungsparametern, insbesondere im Rahmen der Bildvorverarbeitung 5, und zwar für jeweils zwei unterschiedliche Bildbearbeitungsparameter. Gemäß Fig. 3 und 4 weist das Fenster 6, 6' eine Anzeige 15, 15' zur Darstellung eines zweidimensionalen Schnittbildes des jeweils ausgewählten Datensatzes durch das Körpervolumen auf. Zur Darstellung werden dabei die jeweils gerade eingesetzten Bildbearbeitungsparameter verwendet, so dass diese anhand der Anzeige 15, 15' optimiert werden können. Mit Hilfe des Schiebers 16 kann die räumliche Lage des Schnittbildes im Körpervolumen geändert werden. Im unteren Teil des Fensters sind zwei Buttons 14, 14' zur Festlegung von Standardeinstellungen für den oder die Bildbearbeitungsparameter vorgesehen. Im linken oberen Teil des Fensters sind eine Graphik 13, 13' zur Visualisierung des gerade eingesetzten Bildbearbeitungsparameters und der durch verschiebbare Rechtecke angedeuteten Bedienelemente zum Verstellen der jeweiligen Bildbearbeitungsparameter dargestellt. In dem Einstelfenster 13 entspricht die x-Achse dem Schwellenwert und die y-Achse der Häufigkeit von Bilddatenwerten mit einer bestimmten Bilddichte, wobei die Bilddichte für CT-Daten beispielsweise in Houncefield-Einheiten dargestellt ist.

[0063] Fig. 3a zeigt ein Schnittbild durch eine CT-Aufnahme, wobei Bildbearbeitungsparameter so gewählt sind, dass sowohl Knochenstrukturen als auch Gewebestrukturen des Schädels erkennbar sind. Wie man durch Vergleich der Anzeigen 15 gemäß Fig. 3a und 3b erkennt, ist in Fig. 3a bei vergleichbarem Schwellenwert der Bildgradient, der in Bildhelligkeitsunterschiede umgerechnet wird, weniger steil gewählt als gemäß Fig. 3b. Während gemäß Fig. 3a sowohl Knochen- als auch Gewebestrukturen erkennbar sind, sind gemäß Fig. 3b praktisch nur noch Knochenstrukturen erkennbar. Durch Verschieben der jeweiligen Bedienelemente in der Graphik 13 können die Bildbearbeitungsparameter solange variiert werden, bis das Bild die gewünschte Auflösung zeigt. Zur Optimierung der Bildbearbeitungsparameter kann durch Verschieben des Schiebers 16 auch die Lage des Schnittbildes im Körpervolumen variiert werden.

[0064] Durch Drücken auf die Buttons "Tissue" bzw. "Bone" können voreingestellte Bildbearbeitungsparameter aufgerufen werden, mit denen Gewebestrukturen (tissue) bzw. Knochenstrukturen (bone) erfahrungsgemäß besonders gut hervorgehoben werden können, was beispielsweise dann von Vorteil ist, wenn die vorherige Optimierung nicht zum gewünschten Ergebnis geführt hat und ein definierter Startpunkt für einen erneuten Optimierungsversuch vorgegeben werden soll.

[0065] In dem Fenster 6' gemäß den Fig. 4a und 4b ist ein Schnittbild durch einen PET-Datensatz mit zwei unterschiedlichen Bildbearbeitungsparametern dargestellt. Durch Verschieben der Bedienelemente im Einstelfenster 13' können in dem Anzeigefeld 15' die gewünschten Gewebestrukturen mit erhöhter Stoffwechselaktivität geeignet hervorgehoben werden.

[0066] Besonders bevorzugt wird der vorerwähnte

Schwellenwert wie folgt eingesetzt: Für sämtliche Pixel eines ausgewählten Datensatzes, die in einer aktuell in der Anzeige 15, 15' dargestellten Schnittdarstellung liegen, werden deren Datenwerte, bevorzugt deren Intensität, mit dem

5 aktuell vorgegebenen Schwellenwert verglichen. Liegt der Datenwert des jeweiligen Pixels unterhalb des aktuellen Schwellenwerts, so wird in dem dem Pixel zugeordneten Volumenelement (voxel) nichts dargestellt oder ein Hintergrund mit konstanter Farbgebung und/oder Intensität, wobei die Werte der Farbgebung und Intensität vorgebbar sind. Ist der Datenwert (z. B. Intensität) des jeweiligen Pixels größer oder gleich dem Schwellenwert, so wird dem Intensitätswert des Pixels ein Farbwert und/oder Intensitätswert zugeordnet. Für diese Zuordnung kann eine Vergleichstabelle, eine 10 vorgebbare mathematische Funktion oder dergleichen verwendet werden.

[0067] Anschließend wird die Schnittdarstellung in der Anzeige 15, 15' erneut dargestellt, d. h. unter Verwendung der zuvor berechneten Zuordnung. Der Benutzer kann nun 15 anhand der Anzeige 15, 15' erkennen, ob die aktuell vorgegebenen Bildbearbeitungsparameter eine zufriedenstellende Bildqualität ergeben, insbesondere einen ausreichenden Bildkontrast, eine ausreichende Detailgenauigkeit etc. Ist die mit den aktuell gewählten Bildbearbeitungsparametern erzielte Bildqualität nicht zufriedenstellend, so werden die Bedienelemente in dem Einstelfenster 13, 13' erneut von dem Benutzer verschoben und eine neuen Anzeige 15, 15' aufgebaut, so lange bis die erzielte Bildqualität zufriedenstellend ist. Durch Drücken der Voreinstelltasten 14, 14' kann dabei jederzeit ein vordefinierter Ausgangspunkt für eine erneute Optimierung vorgegeben werden.

[0068] Ist die mittels der aktuell vorgegebenen Bildbearbeitungsparametern erzielte Bildqualität der Schnittdarstellung 15, 15' zufriedenstellend, so wird durch Drücken eines 20 weiteren Buttons der gesamte dreidimensionale ausgewählte Datensatz mit den aktuell vorgegebenen Bildbearbeitungsparametern vorverarbeitet. Anschließend wird dieser Datensatz zwischengespeichert oder optional auch direkt dem Bildcomposer zugespielt.

[0069] Nach der Bildvorverarbeitung eines ausgewählten Datensatzes liegt somit Information bezüglich des Objekts und bezüglich des Hintergrunds vor, d. h. alle Pixel, deren Intensität bzw. Datenwert oberhalb des gewählten Schwellenwertes liegt, werden einem 3D-Objekt zugeordnet und die übrigen Pixel werden dem Hintergrund zugeordnet, und zwar mit konstanter Farbgebung und Intensität. Zur weiteren Datenkomprimierung können diejenigen Pixel, denen ein Hintergrund zugeordnet wird, zu zusammenhängenden Volumenbereichen zusammengefasst werden.

[0070] Der vorgenannte Schwellenwertvorgang wird für sämtliche ausgewählte Datensätze, die für die Bildsynthesierung verwendet werden sollen, wiederholt. Es sei darauf hingewiesen, dass die vorerwähnte Schwellenwertfunktion selbstverständlich mit einer weiteren mathematischen Funktion verknüpft werden kann. Beispielsweise kann die durch die Schwellenwertbildung vorgegebene Stufenfunktion mit einer mathematischen Funktion mit vorgegebenen Bildgradienten in der Nähe des Schwellenwerts verknüpft werden.

[0071] Die so vorverarbeiteten ausgewählten Datensätze 55 werden wie folgt synthetisiert. Zur Beschreibung wird dabei beispielhaft die Bildsynthese von zwei ausgewählten Datensätzen beschrieben, ohne dass diese Erfindung darauf beschränkt wäre: Diejenigen Intensitätswerte eines ersten ausgewählten Datensatzes, die keinem Hintergrund zugeordnet sind, d. h. die Objektbilddaten, werden mit einer vorgegebenen Transparenz T ($0 \leq T \leq 1$) multipliziert. Die Intensitätswerte derjenigen Pixel des zweiten ausgewählten Datensatzes, die keinem Hintergrund zugeordnet sind, werden mit

dem Komplementärwert der Transparenz des ersten ausgewählten Datensatzes multipliziert, d. h. mit dem Faktor $1 - T$. Die auf diese Weise jeweils mit einer Transparenz multiplizierten Pixelwerte werden anschließend pixelweise addiert, um die Datenwerte des synthetisierten Bilddatensatzes bzw. die synthetisierte Darstellung zu erhalten.

[0072] Somit werden erfindungsgemäß nicht sämtliche Pixel eines ausgewählten Datensatzes mit einem Transparenzfaktor multipliziert, sondern lediglich diejenigen Pixel, die keinem Hintergrund zugeordnet sind. Somit kann die Detailgenauigkeit eines ausgewählten Datensatzes, die aus der vorerwähnten Bildvorverarbeitung resultiert, bei der Bildsynthese beibehalten werden. Außerdem ist die Bildsynthese weniger rechenintensiv, da im Regelfall, d. h. wenn auch Hintergrundbilddaten vorhanden sind, weniger Multiplikationen und Additionen auszuführen sind. Außerdem kann auch Speicherplatz gespart werden, insbesondere dann, wenn die Hintergrundbilddaten volumenorientiert abgespeichert sind.

[0073] Wenn in einem Volumenelement der synthetisierten Darstellung ein Hintergrundpixel eines ersten Datensatzes und ein Objektpixel eines zweiten Datensatzes vorliegen, so wird für die synthetisierte Darstellung das Objektpixel mit einem vorgebaren Transparenzfaktor einem Hintergrundpixel in der synthetisierten Darstellung überlagert.

[0074] Die vorerwähnte Bildsynthese kann selbstverständlich auch bei der Synthese aus mehr als zwei ausgewählten Datensätzen verwendet werden, wozu den mehr als zwei ausgewählten Datensätzen jeweils ein Transparenzfaktor zugeordnet wird, wobei die Summe der Transparenzfaktoren bevorzugt einen konstanten Wert annimmt, beispielsweise in Wert 1.

[0075] Der Transparenzfaktor kann auch räumlich variieren. Beispielsweise kann ein Gradient für die Transparenz im dreidimensionalen Raum vorgegeben werden oder eine andere mathematische Funktion, um so in dem synthetisierten Bilddatensatz noch mehr Details hervorzuheben.

[0076] Das Ergebnis der Bildsynthese kann in zweidimensionalen Schnittdarstellungen in vorgebarer Lage und Orientierung und/oder in dreidimensionaler Darstellung mit vorgebarer Lage und Orientierung dargestellt werden.

[0077] Die zur Visualisierung des synthetisierten Datensatzes verwendeten Bildbearbeitungsparameter können auch automatisch bestimmt oder optimiert werden. Hierzu kann auf dem Display 6 ein Schnittbild vorgegeben werden, das die hervorzuhebende Bildinformation, beispielsweise eine Knochenstruktur, besonders gut zeigt. Aus dem Stand der Technik sind Bildoptimierungsalgorithmen zur Bestimmung der relevanten Bildbearbeitungsparameter bekannt. Die Optimierung kann auch an einer 3D-Visualisierung erfolgen.

[0078] Die zur Bildbearbeitung bzw. Bilddarstellung verwendeten Parameter können jederzeit geändert werden, beispielsweise während einer Operation in Anpassung an unterschiedliche Operationsschritte.

[0079] Wie in Fig. 5 gezeigt ist, wird unter Verwendung der voreingestellten oder bestimmten Bildbearbeitungsparameter in einem Segment 12 des Displays 7 der synthetisierte Datensatz dreidimensional visualisiert. Die Darstellung kann im dreidimensionalen Raum beliebig gedreht und vergrößert werden (Fenster 20).

[0080] Statt unterschiedliche Gewebestrukturen in der dreidimensionalen Darstellung auf dem Display 7 oder in der zweidimensionalen Darstellung auf dem Display 6 zeitlich konstant darzustellen, kann gemäß einer bevorzugten Ausführungsform auch die den unterschiedlichen Gewebestrukturen zugeordnete Farbe oder Helligkeit zeitlich geändert werden, so dass zu einem ersten Zeitpunkt beispiels-

weise zwei unterschiedliche Gewebestrukturen mit gleicher Intensität dargestellt werden, zu einem zweiten Zeitpunkt die beiden Gewebestrukturen mit unterschiedlichen Intensitäten dargestellt werden, zu einem dritten Zeitpunkt eine der

5 Gewebestrukturen mit verschwindender Intensität dargestellt wird usw., so dass sich der Betrachter abwechselnd auf verschiedene Gewebestrukturen konzentrieren kann. Auf dem Display 6 bzw. 7 kann die Helligkeit oder Intensität ständig oder schrittweise aufgrund eines Befehls der Bedienperson variiert werden.

[0081] Zum Ausführen des vorstehend beschriebenen Verfahrens wird auch ein Computerprogrammprodukt offenbart, das Softwarecodeabschnitte aufweist, um die vorgenannten Verfahrensschritte auszuführen, wenn die Softwarecodeabschnitte in den Arbeitsspeicher eines Digitalrechners bzw. Computers geladen werden.

[0082] Die synthetisierte Darstellung kann gemäß der vorliegenden Erfindung direkt auf einem Display dargestellt werden, z. B. direkt zur Displayansteuerung verwendet werden. Es kann jedoch auch ein synthetisierten Datensatz berechnet werden, der nach einer weiteren Verarbeitung (z. B. in einer Graphikkarte), Zwischenspeicherung oder dergleichen auf einem Display dargestellt wird.

[0083] Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die vorstehend genannten Diagnoseverfahren zur Erfassung von Bilddatensätzen beschränkt. Gemäß der vorliegenden Erfindung können beliebige bildgebende dreidimensionale Diagnoseverfahren verwendet werden, wobei die jeweiligen Bilddatensätze zur Synthese des synthetisierten Datensatzes beliebig zusammengemischt und verarbeitet werden können.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Visualisierung eines Körpervolumens, bei dem ein Datensatz, dessen Datenwerte das Körpervolumen repräsentieren, auf einem Display zwei- oder dreidimensional dargestellt werden, bei

welchem Verfahren aus zumindest zwei ausgewählten diagnostischen Datensätzen, die nicht identisch sind und eine vorbestimmte räumliche Zuordnung zueinander haben, eine synthetisierte Darstellung berechnet wird, wobei die Datenwerte der synthetisierten Darstellung jeweils als mathematische Funktion von zumindest einem Datenwert jedes der ausgewählten Datensätze berechnet werden und die synthetisierte Darstellung auf dem Display dargestellt wird, wobei anhand eines Kriteriums für jedes Pixel eines ausgewählten Datensatzes festgelegt wird, ob das Pixel einem Bildhintergrund zugeordnet ist oder nicht, und diejenigen Pixel, die einem Bildhintergrund zugeordnet sind, zur Berechnung der synthetisierten Darstellung nicht berücksichtigt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Kriterium ein Schwellenwert ist, wobei denjenigen Pixeln eines ausgewählten Datensatzes, deren Intensität unterhalb des Schwellenwerts liegt, ein Bildhintergrund zugeordnet wird.

3. Verfahren nach einem der beiden vorhergehenden

Ansprüche, bei dem zur Berechnung der synthetisierten

Darstellung der Datenwert eines jeweiligen Pixels

eines ausgewählten Datensatzes mit einem Faktor und

der Datenwert eines zugeordneten Pixels eines anderen

ausgewählten Datensatzes mit einem Komplementär-

faktor multipliziert wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-

che, bei dem die zumindest zwei ausgewählten Daten-

sätze aus Datensätzen ausgewählt werden, die jeweils

mit einem anderen Diagnoseverfahren erfasst sind.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem zumindest zwei der ausgewählten Datensätze durch unterschiedliche Bildbearbeitungen mittels unterschiedlicher Bildbearbeitungsparameter aus einem und demselben Ausgangsdatensatz berechnet werden, 5 der mit einem Diagnoseverfahren erfasst ist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die ausgewählten Datensätze einer Datenverarbeitungseinrichtung eingegeben werden.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem zur Synthetisierung der synthetisierten Darstellung eine Bildbearbeitung vorgenommen wird. 10

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die synthetisierte Darstellung durch Subtraktion und/oder Addition von jeweils zwei ausgewählten Datensätzen abgeleitet wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, bei dem die Bildbearbeitung mittels zumindest eines Parameters vorgenommen wird, der die Farb- und/oder Opazitätszuordnung der Intensitätswerte der Datensätze beeinflusst. 20

10. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, bei dem das Ergebnis der Bildbearbeitung als vorbestimmtes zweidimensionales Schnittbild durch das Körpervolumen dargestellt wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem in der synthetisierten Darstellung Daten aus unterschiedlichen ausgewählten Datensätzen unterschiedliche Farbwerte zugeordnet werden. 25

12. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, bei dem die Darstellungsparameter von zumindest einem ausgewählten Datensatz in der synthetisierten Darstellung zeitlich verändert wird. 30

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem auf dem Display zusätzlich zu der zweidimensionalen Visualisierung des synthetisierten Datensatzes dreidimensionale Visualisierungen der jeweils ausgewählten Datensätze und/oder zweidimensionale Schnitte durch das Körpervolumen dargestellt werden. 35

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Datensätze mittels CT, CT-A, MRI, MR-A, fMRI, PET, MEG, SPECT oder Ultraschall erfasst werden. 40

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem zur Berechnung der synthetisierten Darstellung ein synthetisierter Datensatz berechnet wird, der auf dem Display dargestellt wird. 45

16. Computerprogrammprodukt, das direkt in den Arbeitsspeicher eines Digitalrechners ladbar ist, welches Softwarecodeabschnitte zum Ausführen der Verfahrensschritte nach einem der vorhergehenden Ansprüche umfasst, wenn das Produkt auf dem Digitalrechner läuft. 50

17. Vorrichtung zur Visualisierung eines Körpervolumens, insbesondere zur Ausführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 15, umfassend:

- a) ein Datenverarbeitungsmittel, um aus zumindest zwei ausgewählten diagnostischen Datensätzen, die nicht identisch sind und eine vorbestimmte räumliche Zuordnung zueinander haben, eine synthetisierte Darstellung so zu berechnen, dass die Datenwerte der synthetisierten Darstellung jeweils als mathematische Funktion von zumindest einem Datenwert jedes der ausgewählten 60 Datensätze berechnet sind, und
- b) einem Display, um die synthetisierte Darstellung, deren Datenwerte das Körpervolumen repräsentieren, zwei- oder dreidimensional darzustellen,

c) wobei anhand eines Kriteriums für jedes Pixel eines ausgewählten Datensatzes festgelegt wird, ob das Pixel einem Bildhintergrund zugeordnet ist oder nicht, wobei diejenigen Pixel, die einem Bildhintergrund zugeordnet sind, zur Berechnung der synthetisierten Darstellung nicht berücksichtigt werden.

18. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, bei der das Kriterium ein Schwellenwert ist, wobei diejenigen Pixel eines ausgewählten Datensatzes, deren Intensität unterhalb des Schwellenwerts liegt, einem Bildhintergrund zugeordnet werden.

19. Vorrichtung nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, bei dem zur Berechnung der synthetisierten Darstellung der Datenwert eines jeweiligen Pixels eines ausgewählten Datensatzes mit einem Faktor und der Datenwert eines zugeordneten Pixels eines anderen ausgewählten Datensatzes mit einem Komplementärfaktor multipliziert wird.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17–19, mit einem Eingabemittel, um die ausgewählten Datensätze dem Datenverarbeitungsmittel einzugeben.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17–20, mit einem Bildbearbeitungsmittel, um zumindest einen der ausgewählten Datensätze und/oder der synthetisierten Darstellung einer Bildbearbeitung zu unterziehen.

22. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das Bildbearbeitungsmittel ausgelegt ist, um die Bildbearbeitung mittels zumindest eines Parameters vorzunehmen, der die Farb- und/oder Opazitätszuordnung der Intensitätswerte der Datensätze beeinflusst.

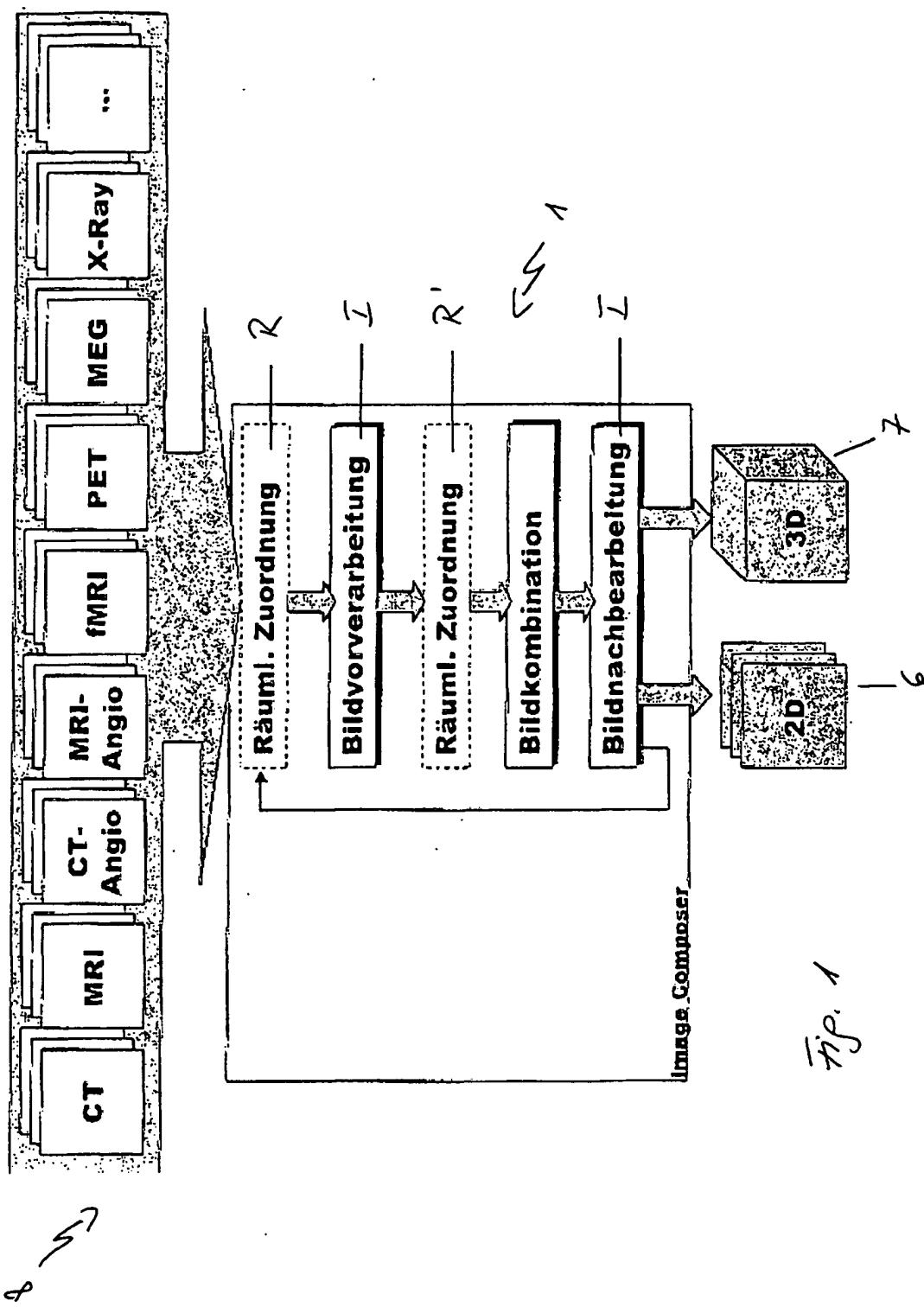
23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 22, die außerdem Subtraktions- und/oder Additionsmittel umfasst, um jeweils zwei ausgewählte Datensätze zu subtrahieren und/oder zu addieren.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 23, die außerdem einen Display umfasst, um für einen ausgewählten Datensatz oder die synthetisierte Darstellung ein zweidimensionales Schnittbild durch das Körpervolumen darzustellen.

25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 24, die außerdem einen Display umfasst, um eine dreidimensionale Visualisierung der synthetisierten Darstellung und dreidimensionale Visualisierungen von zumindest einem der ausgewählten Datensätze und/oder zweidimensionale Schnittbilder der synthetisierten Darstellung und/oder der ausgewählten Datensätze durch das Körpervolumen darzustellen.

26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 25, bei der das Eingabemittel mit einem Datenspeicher oder einer Vorrichtung zum Erfassen der Datensätze mittels CT, CT-A, MRI, MR-A, fMRI, PET, MEG, SPECT oder Ultraschall verbunden ist.

27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 26, bei der zur Berechnung der synthetisierten Darstellung ein synthetisierter Datensatz berechnet wird, der auf dem Display dargestellt wird.



Figur 2

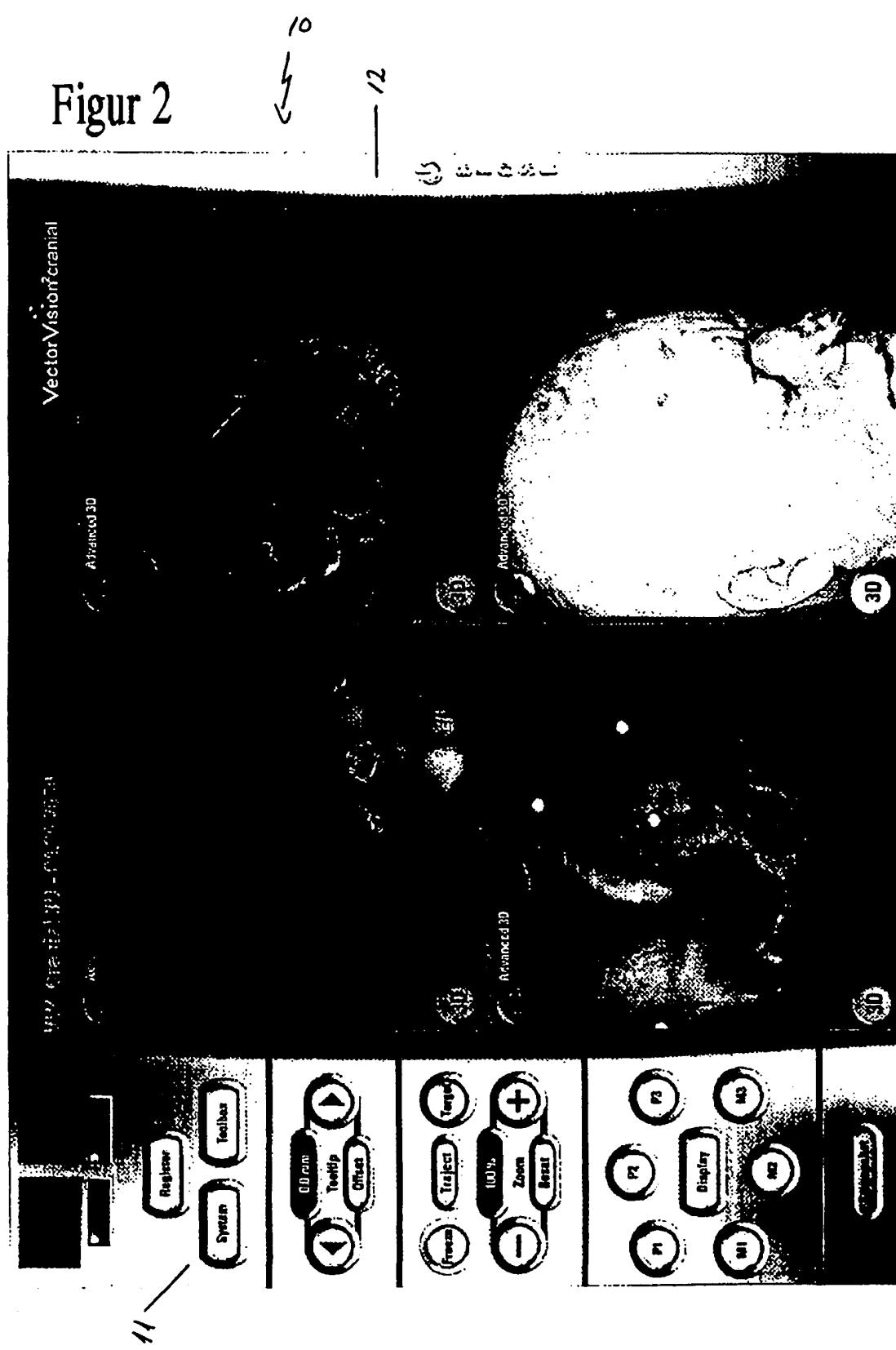
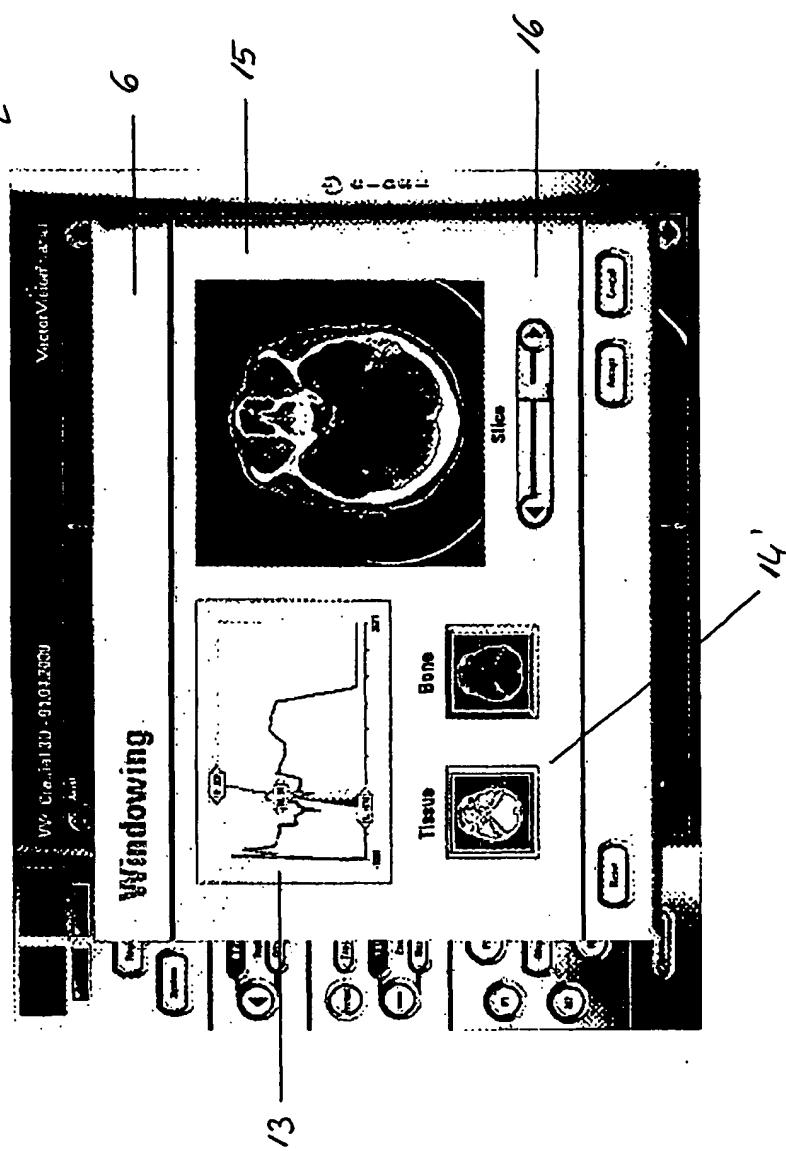


Figure 33



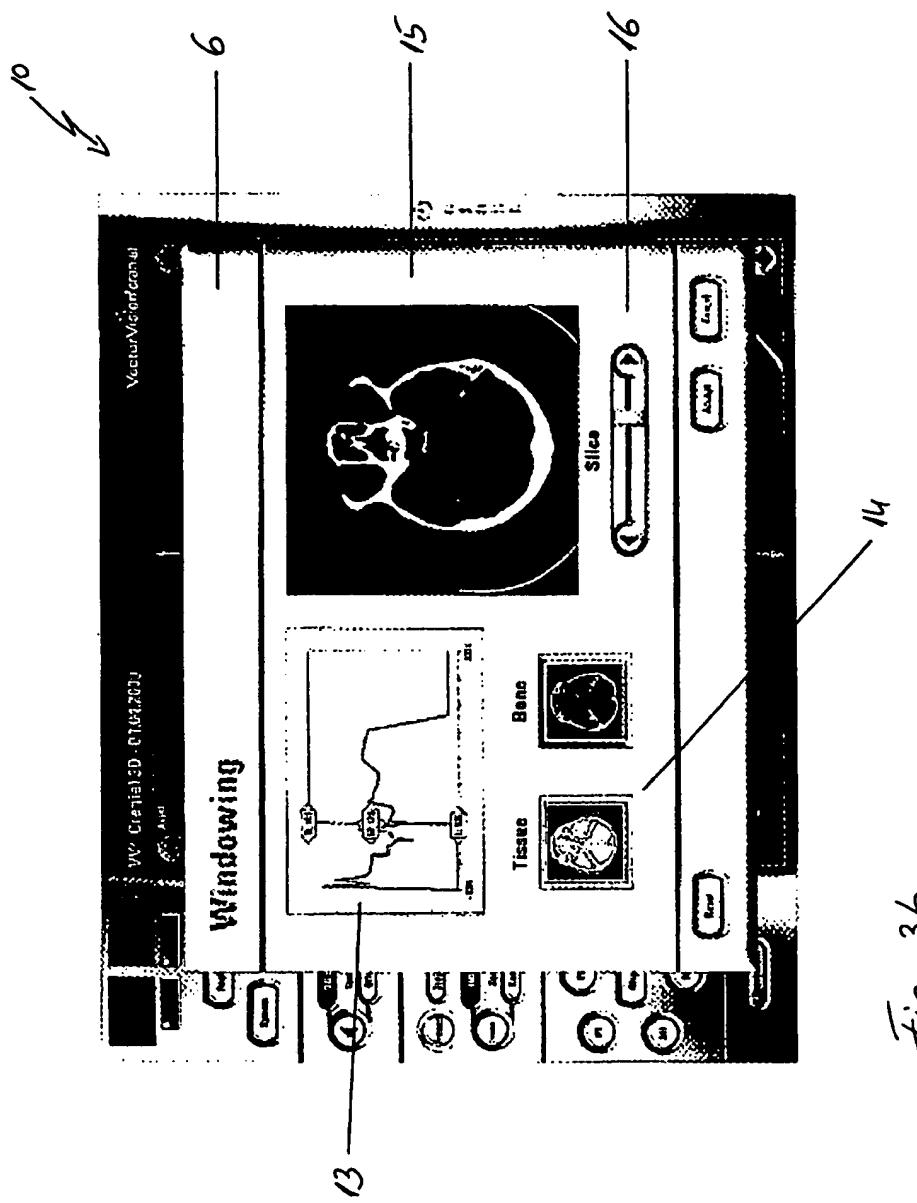


Fig. 36

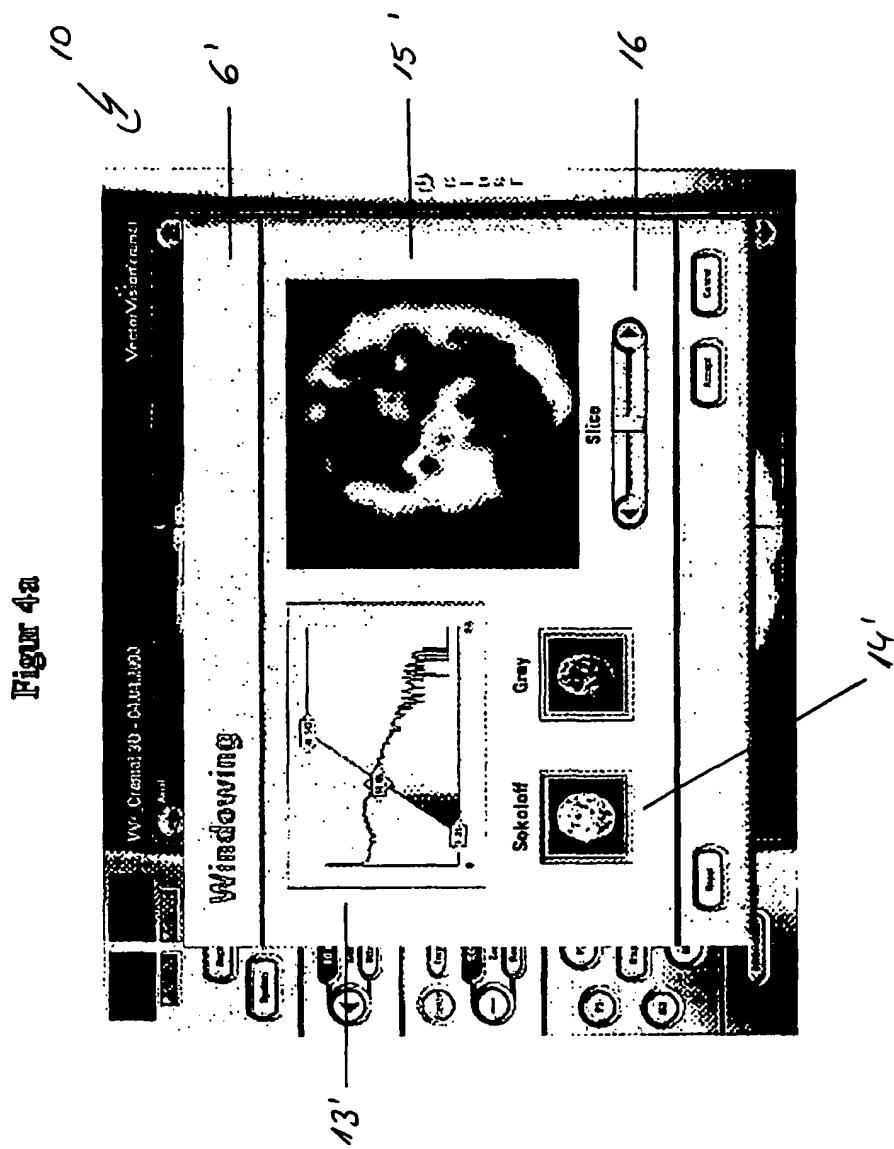
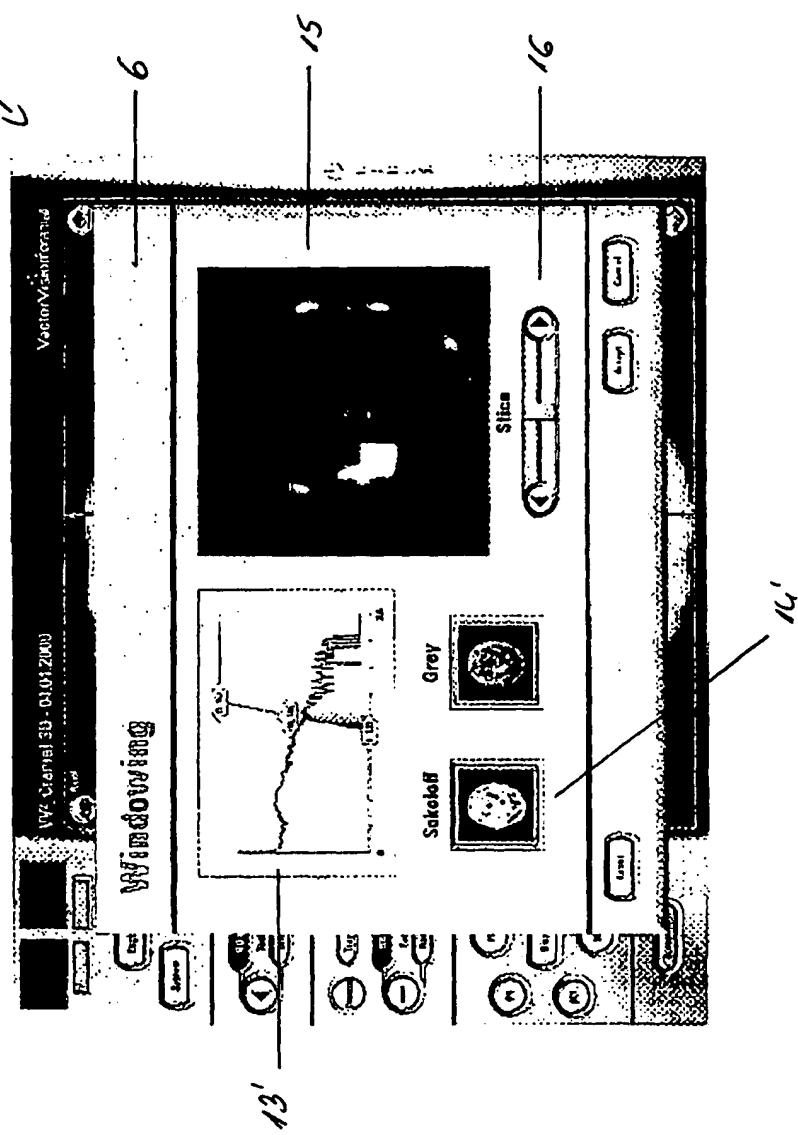
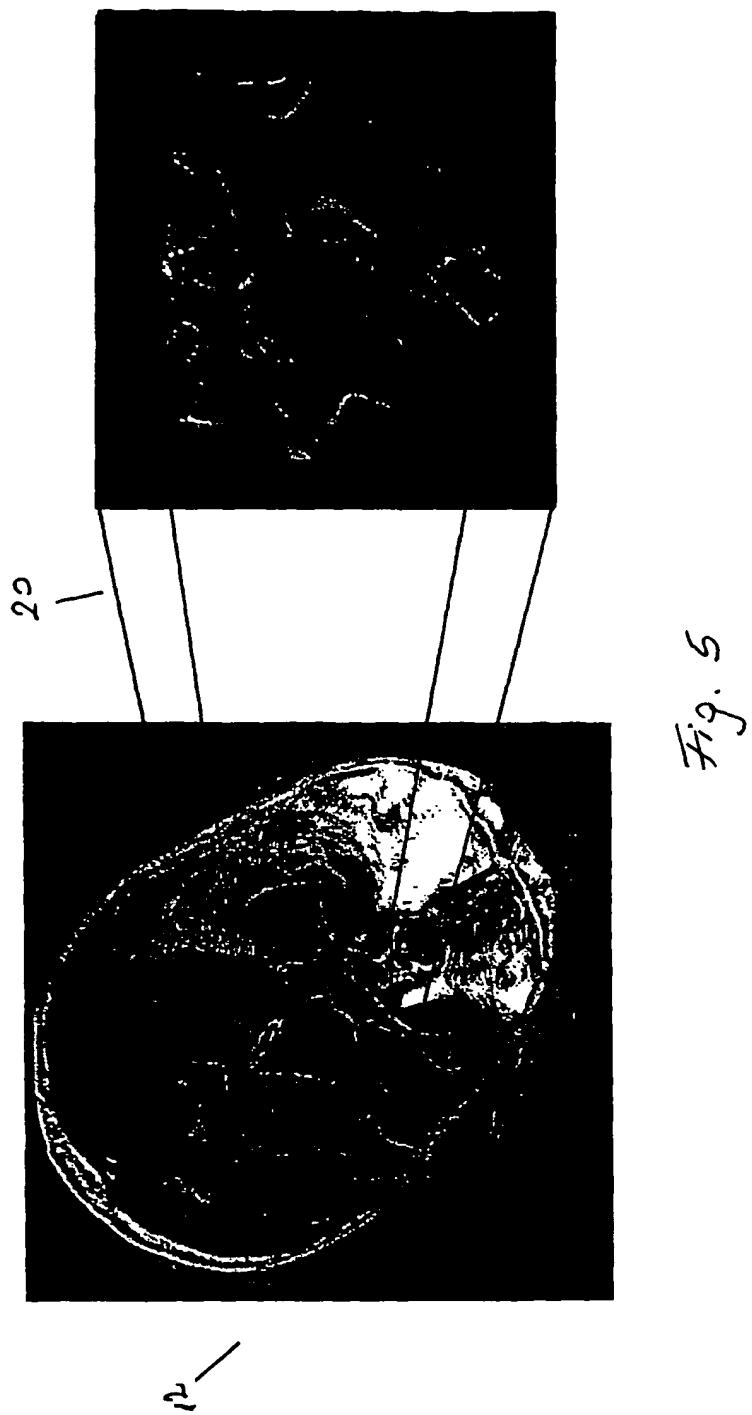


Figure 4b





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.